

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-46094

(43)公開日 平成6年(1994)2月18日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 4 L 27/22

7/08

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

D 9297-5K

C 9297-5K

A 7928-5K

審査請求 未請求 請求項の数2(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-195735

(22)出願日 平成4年(1992)7月23日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 市吉 修

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

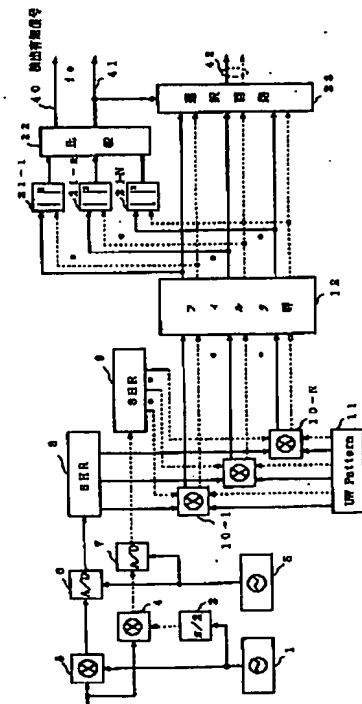
(74)代理人 弁理士 岩佐 義幸

(54)【発明の名称】 ユニークワード検出回路及び復調回路

(57)【要約】

【目的】 本発明は、受信信号に対して受信機の周波数が誤差を持った場合にも安定に動作するユニークワード検出回路を実現する。

【構成】 受信信号にほぼ同調した局部発振器1により準同期検波を行い複素規定帯域信号に変換し、A/D変換器6, 7で標本化してA/D変換する。この標本化値をNサンプル長のシフトレジスタ8, 9に入力する、他方ユニークワードパターン発生器11は既知のユニークワードパターンを複素形式で発生し、複素乗算器10<sub>1</sub>~10<sub>N</sub>で前記シフトレジスタの各タップとを複素乗算する。上記複素乗算器のN個の並列出力を受けて、フィルタバンク12でFFTを行い、このFFTのN個の出力の絶対値を比較し、平均値より規定値の閾値を越える大きな絶対値出力があればユニークワード有りと判定すると共に、その出力端子により受信信号の周波数誤差をも同時に検出するユニークワード検出回路。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】受信IF信号の搬送波周波数に近似する $\pi/2$ 位相の異なる二つの基準搬送波を用いて前記IF信号を実部及び虚部からなる複素ベースバンド変調し、さらにこの複素ベースバンド信号をサンプルパルスで標本化してデジタル値に変換する実部及び虚部用のA/D変換器を備えるユニークワード検出回路において、前記実部及び虚部用A/D変換器の出力を各々Nサンプル、パイプライン形式で保持する第一及び第二シフトレジスタと、複素信号形式のユニークワードを発生するユニークワード発生器と、このユニークワード発生器の第n (n=0, 1, 2, …, N-1) 番目の出力と前記第一及び第二のシフトレジスタの第n番目の出力との複素乗算をそれぞれ行うN個の複素乗算器と、この複素乗算器N個の出力を受けて、周波数帯域毎の分離を行うフィルタバンクと、このフィルタバンクのN個の出力を受けて絶対値を算出し、前記フィルタバンクの特定の要素フィルタ出力に規定以上の値が得られたことをもってユニークワード検出と判定し、ユニークワード有無検出信号を出力すると共に、前記要素フィルタの周波数位置によりキャリア周波数誤差信号を出力する比較回路とからなることを特徴とするユニークワード検出回路。

【請求項2】受信IF信号の搬送波周波数に近似する $\pi/2$ 位相の異なる二つの基準搬送波を用いて前記IF信号を実部及び虚部からなる複素ベースバンド変調し、さらにこの複素ベースバンド信号をサンプルパルスで標本化してデジタル値に変換する実部及び虚部用のA/D変換器を備え、複素乗算器、キャリア位相検出器、ループフィルタ、第一加算器、数値制御発振器、余弦値発生ROM、正弦値発生ROMからなる位相同期回路に前記実部及び虚部用のA/D変換器出力を入力して前記受信IF信号の復調を行う復調回路において、請求項1記載の第一及び第二シフトレジスタに前記複素乗算器の2系列出力を入力し、前記ユニークワード有無検出信号及びキャリア周波数誤差信号を得る、前記ユニークワード発生器、N個の複素乗算器、フィルタバンク、比較回路とからなるユニークワード検出器と、前記キャリア周波数誤差信号を、前記ユニークワード有無検出信号とAFCタイミング信号との論理積信号に同期して保持するラッチ回路と、このラッチ回路の出力と前記キャリア周波数誤差信号との和を求めて前記ラッチ回路に出力する第二加算器とを備え、前記ラッチ回路出力を前記第一加算器に入力して前記位相同期回路の同期引き込みを助けることを特徴とする復調回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はTDMA通信等における、基準バーストを検出し、受信フレームを確立して受信同期を確立する、その過程で、基準バースト内に含まれるユニークワードを検出するユニークワード検出回路及び復調回路に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】デジタル通信において、2進系列の語同期を確立するためには、ビット系列中に一定周期で挿入される一定ビット長の固定パターン、所謂ユニークワード(Unique Word, UW)を検出することが基本となる。その従来のユニークワード検出器を図3に示す。

【0003】この図3に示す従来のユニークワード検出回路は、受信信号がそれぞれ入力されるミキサ3、4と、そのミキサ3に受信IF信号の搬送波の周波数に近似した周波数を有する基準搬送波をそのまま入力する局部発振器1と、この基準搬送波を $\pi/2$ 位相ずらして上記ミキサ4に出力する $\pi/2$ 移相器2と、ミキサ3、4それぞれの2相位相変調波をA/D変換するA/D変換器6、7と、このA/D変換器6、7にサンプリング信号を出力するサンプルパルス発生器5と、A/D変換器6、7の出力デジタルデータより信号を復調する復調回路14と、この復調回路14の再生データ系列をシフトするシフトレジスタ15、16と、これらシフトレジスタ15、16の各出力信号とユニークワードパターン発生器18からの各出力信号との排他的論理和を取る排他的論理和17<sub>1</sub>～17<sub>2n</sub>と、これら排他的論理和17<sub>1</sub>～17<sub>2n</sub>の出力信号の加算を行う加算器19と、閾値検出を行う閾値検出器20とからなる。

【0004】以上の構成におけるその動作は、復調回路14からの再生データ系列を受けるシフトレジスタ15、16は、N段(Nは自然数)あり、このNはユニークワードパターン長と同じである。その並列出力とユニークワードパターン発生器18の出力との各ビット毎の一致を排他的論理和17<sub>1</sub>～17<sub>2n</sub>で検出し、これら排他的論理和17<sub>1</sub>～17<sub>2n</sub>による一致ビット数の総和を加算器19で求め、この加算数が予め定められた閾値より大きい時に、ユニークワードを検出したと判定している。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような従来のユニークワード検出回路は、構造が簡単であるが、次のような欠点を有している。それは、復調回路14において正しくデータが再生されることが、ユニークワード検出の絶対的条件であるが、移動体衛星通信に典型的に見られるように最近のデジタル通信は、誤り訂正符号を用いること等により低C/N比時にも良好な回線品質を得られるため、極めて低いC/N条件の下で使用されることが要求されるようになってきている。このような低C/N比条件下では、復調回路14の信号補足が非常に困難となってきている。従って、従来のユ

ニークワード検出器では、 $C/N$ 比が悪いと復調回路14が正しく動作せず、いつまでもユニークワード検出ができず、通信ができないといった状況に陥ることが多々ある。

【0006】そこで、本発明は、上述した従来のユニークワード検出回路の欠点を解消し、復調器の動作に拘らず、より確実にユニークワード検出が行えらるとともに、復調回路の同期確立をより速めるように助けることができるユニークワード検出回路及び復調回路を提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明の第一解決手段は、受信IF信号の搬送波周波数に近似する $\pi/2$ 位相の異なる二つの基準搬送波を用いて前記IF信号を実部及び虚部からなる複素ベースバンド変調し、さらにこの複素ベースバンド信号をサンプルパルスで標本化してディジタル値に変換する実部及び虚部用のA/D変換器を備えるユニークワード検出回路において、前記実部及び虚部用A/D変換器の出力を各々Nサンプル、パイプライン形式で保持する第一及び第二シフトレジスタと、複素信号形式のユニークワードを発生するユニークワード発生器と、このユニークワード発生器の第 $n$  ( $n=0, 1, 2, \dots, N-1$ ) 番目の出力と前記第一及び第二のシフトレジスタの第 $n$ 番目の出力との複素乗算をそれぞれ行うN個の複素乗算器と、この複素乗算器N個の出力を受けて、周波数帯域毎の分離を行うフィルタバンクと、このフィルタバンクのN個の出力を受けて絶対値を算出し、前記フィルタバンクの特定の要素フィルタ出力に規定以上の値が得られたことをもってユニークワード検出と判定し、ユニークワード有無検出信号を出力すると共に、前記要素フィルタの周波数位置によりキャリア周波数誤差信号を出力する比較回路とからなることを特徴とする。

【0008】上記第一解決手段を用いて復調回路の同期確立を速めるための解決手段としての本発明では、受信IF信号の搬送波周波数に近似する $\pi/2$ 位相の異なる二つの基準搬送波を用いて前記IF信号を実部及び虚部からなる複素ベースバンド変調し、さらにこの複素ベースバンド信号をサンプルパルスで標本化してディジタル値に変換する実部及び虚部用のA/D変換器を備え、複素乗算器、キャリア位相検出器、ループフィルタ、第一加算器、数値制御発振器、余弦値発生ROM、正弦値発生ROMからなる位相同期回路に前記実部及び虚部用のA/D変換器出力を入力して前記受信IF信号の復調を行う復調回路において、請求項1記載の第一及び第二シフトレジスタに前記複素乗算器の2系列出力を入力し、前記ユニークワード有無検出信号及びキャリア周波数誤差信号を得る、前記ユニークワード発生器、N個の複素乗算器、フィルタバンク、比較回路とからなるユニークワード検出器と、前記キャリア周波数誤差信号を、前記

ユニークワード有無検出信号とAFCタイミング信号との論理積信号に同期して保持するラッチ回路と、このラッチ回路の出力と前記キャリア周波数誤差信号との和を求めて前記ラッチ回路に出力する第二加算器とを備え、前記ラッチ回路出力を前記第一加算器に入力して前記位相同期回路の同期引き込みを助けることを特徴とする。

【0009】

【実施例】次に本発明の一実施例について図面を参照しつつ以下に説明する。図1は、本発明のユニークワード検出回路の構成を示し、この図1で図3の従来例と同一物には同一符号を付してある。図1において、受信IF変調信号がそれぞれ入力されるミキサ3、4と、そのミキサ3に受信IF信号の搬送波周波数と近似した基準搬送波を生成してそのまま出力する局部発振器1と、この局部発振器1の基準搬送波を $\pi/2$ 位相ずらして上記ミキサ4に出力する $\pi/2$ 移相器2と、上記受信IF信号とそれぞれ位相の異なる基準搬送波とを乗算するミキサ3、4と、このミキサ3、4それぞれの2相位相変調波を実部及び虚部とした複素ベースバンド信号を、サンプルパルス発生器5から入力されるサンプルパルスによって標本化してディジタル表示値に変換する実部用のA/D変換器6及び虚部用のA/D変換器7と、このA/D変換器6、7の出力ディジタルデータを各々Nサンプル、パイプライン形式（ここで、Nとはユニークワードパターン長を表している）で保持する実部用のシフトレジスタ8及び虚部用のシフトレジスタ9と、予め定められたNビットの実部と虚部とからなる複素ユニークワードパターン（実部のパターンと虚部のパターンは異なる）を発生して複素乗算器10<sub>1</sub>～10<sub>N</sub>に出力する複素ユニークワードパターン発生器11と、前記シフトレジスタ8、9の第 $n$  ( $n=0, 1, 2, \dots, N-1$ ) 番目の出力と複素ユニークワードパターン発生器11の同じ $n$ 番目の出力との複素乗算を行う複素乗算器10<sub>1</sub>～10<sub>N</sub>と、複素乗算器10<sub>1</sub>～10<sub>N</sub>の複素乗算結果のN個のデータをスペクトル数値解析を行うために周波数帯分離を行うフィルタバンク12と、このフィルタバンク12のN個の出力から絶対値を算出する絶対値検出器21<sub>1</sub>～21<sub>N</sub>と、この絶対値検出器21<sub>1</sub>～21<sub>N</sub>の出力からフィルタバンク12の特定要素フィルタ出力に規定以上の値が得られたことによりユニークワードを検出したと判定して検出有無信号40を出力すると共に、上記規定以上の出力がある周波数位置をキャリア周波数誤差信号41として出力する比較回路22と、前記フィルタバンク12のN個の要素フィルタ出力から信号41の示す要素フィルタ出力を選択して後の信号処理用回路（図示せず）に出力する選択回路23とからなる。

【0010】図2は本発明に用いるフィルタバンク12の周波数特性を示す。フィルタバンク12としては高速フーリエ変換若しくは、一般化トランスマルチプレクサ分波回路等を用いることができる。本発明のユニークワ

5

ード検出回路の動作を図2を参照して説明する。まず、シフトレジスタ8、9のN個のデータと、複素ユニークワードパターン発生器11の出力複素ユニークワードパターンとが一致すると、複素乗算器10<sub>1</sub>～10<sub>N</sub>の出\*

$$V_i(n) = \{p(n) + j q(n)\} e^{j(\omega_c T + \theta_c(nT))} \dots (1)$$

【0012】と表せる。但し、Tはサンプル周期である。ここで、 $\omega_c$ 、 $\theta_c$ は各々A/D変換器6、7出力におけるキャリア周波数及び位相である。理想的には $\omega_c = 0$ であるが、受信IF変調信号と局部発信器1の発

$$V_i(n-1), V_i(n-2), \dots, V_i(n-N)$$

【0014】が保持されている。

【0015】ユニークワード発生器11は複素ユニークワードパターン

【0016】

【数3】

$$W(1) = P(1) + j Q(1)$$

$$W(2) = P(2) + j Q(2)$$

$$W(N) = P(N) + j Q(N)$$

20

★

$$U(1) = W(1)^* \times V_i(n-1) = \{P(1) - j Q(1)\} \times$$

$$\{p(n-1) + j q(n-1)\} e^{j\{\omega_c T(n-1) + \theta_c(n-1)\}}$$

【0020】

【数5】

$$U(2) = W(2)^* \times V_i(n-2) = \{P(2) - j Q(2)\} \times$$

$$\{p(n-2) + j q(n-2)\} e^{j\{\omega_c T(n-2) + \theta_c(n-2)\}}$$

.....

【0021】

【数6】

$$U(k) = W(k)^* \times V_i(n-k) = \{P(k) - j Q(k)\} \times$$

$$\{p(n-k) + j q(n-k)\} e^{j\{\omega_c T(n-k) + \theta_c(n-k)\}}$$

.....

【0022】

【数7】

$$U(N) = W(N)^* \times V_i(n-N) = \{P(N) - j Q(N)\} \times$$

$$\{p(n-N) + j q(n-N)\} e^{j\{\omega_c T(n-N) + \theta_c(n-N)\}}$$

【0023】となる。そこで今、受信入力信号がユニークワードパターンと一致した場合、つまり、

【0024】

【数8】

$$p(k) = P(k) \quad q(k) = Q(k) \quad k = 1, 2, 3 \dots N$$

\*力は単一正弦波をNサンプル採取したものとなる。このことを式で示せば、入力信号

【0011】

【数1】

$$e^{j(\omega_c T + \theta_c(nT))} \dots (1)$$

※振周波数の違いにより実際には0ではない。今、シフトレジスタ8、9には総合的に複素値

【0013】

【数2】

$$V_i(n-1), V_i(n-2), \dots, V_i(n-N)$$

★【0017】を発生し複素乗算器10<sub>1</sub>～10<sub>N</sub>に出力している。

【0018】複素乗算器10<sub>1</sub>、10<sub>2</sub>、.....1

0<sub>N</sub>の出力は各々

【0019】

【数4】

$$U(k) = \{ |p|^2 + |q|^2 \} e^{j \{ \omega_c T(n-k) + \theta_c(n-k) \}} \\ \approx e^{j \{ \omega_c T(n-k) + \theta(n-k) \}}$$

$$k = 1, 2, 3 \cdots N$$

【0027】となる。

【0028】即ち、単一調和波をNサンプルだけ標準化保持した場合に他ならない。従ってフィルタバンク12により図2に示すように、各要素フィルタ出力の何れかに振幅の大きな信号45が一つ出現するので、ユニークワード検出と信号の周波数位相のずれとを容易に検出することができる。より詳しくは、サンプル周波数を $f_0$ 、ユニークワードパターン長をN（サンプル）とすると、FFTや一般化トランスファムプレクサにおいてステップ周波数 $\Delta f$ は、

【0029】

【数10】

$$\Delta f = \frac{f_0}{N}$$

【0030】の精度で周波数分析が可能となる。ここでNが大きい程、各要素フィルタの帯域幅は狭くなるので、キャリア成分の在るフィルタ12出力におけるS/N比は高くなる。即ち、A/D変換器6、7の出力における全体パワーを一定とすると、キャリア信号の存在するフィルタ12の出力、つまり複素ユニークワードパターン発生器11の出力する複素ユニークワードとシフトレジスタ8、9から出力される信号のパターンとが一致した場合、は相対的に出力振幅が大きくなるので容易に検出ができる。逆に、シフトレジスタ8、9のパターンがユニークワードに一致しなければ、絶対値検出器21<sub>1</sub>～21<sub>n</sub>の各出力はほぼ同じ信号レベルとなる。そこで、絶対値検出器21<sub>1</sub>～21<sub>n</sub>及び比較回路22で図2に示す信号45の識別が実行され、ユニークワード有無検出信号40とキャリア周波数誤差信号41が出力される。また、選択回路23は比較回路22からの信号41に基づいてフィルタバンク12各出力から信号45の現出した要素フィルタ出力を選択して信号42として外部へ出力する。この信号42は、複素ユニークワードパターン発生器11のユニークワードパターンと受信信号との相関等の情報を含んでいる。

【0031】次に本発明の一つの応用例を図4に示す。局部発振器1からA/D変換器6、7までの部分は、図1に説明した回路構成と同じであるが、A/D変換器6、7の各出力を複素乗算器30に入力し、さらにこの複素乗算器30の複素ベースバンド信号をユニークワード検出回路31と、キャリアの位相を再生するキャリア位相検出器24とに入力している。キャリア位相検出器24の出力はループフィルタ25、加算器26を介して

数値制御発振器（以下NCO）27を制御する。このNCO27の出力は余弦値発生ROM28及び正弦値発生ROM29に入力され、さらに各余弦値発生ROM28、正弦値発生ROM29の出力を複素乗算器30に入力している。

【0032】ユニークワード検出回路31、加算器32、ラッチ33、AND34以外の上記回路部分は従来技術として周知であり、ユニークワード検出回路31は、図1に示す本発明のシフトレジスタ8、9、複素乗算器10<sub>1</sub>～10<sub>n</sub>、複素ユニークワードパターン発生器11、フィルタバンク12、絶対値検出器21<sub>1</sub>～21<sub>n</sub>、比較回路22、選択回路23からなる回路である。複素乗算器30は同期復調器として動作するが、本発明のユニークワード検出器31がユニークワードを検出して検出有無信号40を外部のフレーム同期回路へ出力すると、そのフレーム同期回路は次のユニークワード到来時を示すAFCタイミング信号を出力する。このAFCタイミング信号と検出有無信号40との一致した時点での、キャリア周波数誤差信号41をラッチ33にラッチさせるように、AND34は動作している。なお、外部から入力される上記AFCタイミング信号は、同期確立引き込み前の初期状態では常に1となっている。仮にAFCタイミング信号入力時毎の周波数誤差41が大きくなるならば、そのことが加算器32によってラッチ33の出力と誤差41との加算によって累積される。このラッチ33出力を、複素乗算器30からキャリア位相検出器24、ループフィルタ25、加算器26、NCO27、余弦値発生ROM28、正弦値発生ROM29からなる位相同期回路（PLL）の加算器26に入力し、この位相同期回路の補正動作による同期引き込みで同期を確立させる。それが加算器32、ラッチ33、AND34の働きである。従って複素乗算器30の同期復調動作が未確定の場合にも、本発明のユニークワード検出回路31によって正確にユニークワード有無検出ができ、かつ周波数誤差情報も合わせて得られるので、同期引き込みをより速く確立することができる。

【0033】一旦同期が確立すると複素乗算器30の出力には正しく変調信号が復調される。次にユニークワード到来時には、周波数誤差41は0となるので、ラッチ33の出力は以前の値に保持されて変化しない。

【0034】このように、本発明によれば、復調回路の未動作時にも、ユニークワード検出と同時にキャリア周波数誤差が検出され、復調回路の初期周波数制御をより速く行うことができる。

## 【0035】

【発明の効果】以上説明したように、従来では復調器における同期確立後の復調信号からユニークワードを検出してフレーム同期を確立していたものを、本発明によれば先にユニークワードを検出すると共に、再生搬送波の周波数誤差をも検出し、これによって再生搬送波の位相誤差を修正させるので、低C/N比条件下でも安定にユニークワード検出を達成することができ、しかもより速い信号の受信同期を確立することができる。即ち、周波数誤差のある受信信号であっても安定してユニークワード検出を行うことができる。また、本発明のユニークワード検出回路は、単にユニークワードの有無のみでなく受信信号の周波数誤差をも検出することができるので、復調回路の初期周波数制御を実行することができ、復調回路の同期確立をより速めるのに効果がある。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に関するものであり、その構成を示す回路図である。

【図2】本発明に用いるフィルタ群の周波数特性とユニークワード到来時の出力スペクトルを示す図である。

【図3】従来のユニークワード検出回路の構成を示す図である。

【図4】本発明のユニークワード検出回路の周期検出復調回路への応用を示す図である。

## 【符号の説明】

1 局部発振器

2  $\pi/2$ 移相器

3, 4 ミキサ

5 標本化パルス発生器

6, 7 A/D変換器

8, 9 シフトレジスタ

10<sub>1</sub> ~ 10<sub>n</sub> 複素乗算器

11 複素ユニークワードパターン発生器

12 フィルタ群

14 復調回路

15, 16 シフトレジスタ

17<sub>1</sub> ~ 17<sub>n</sub> 排他的論理和

19 加算器

20 閾値検出器

21<sub>1</sub> ~ 21<sub>n</sub> 絶対値検出器

22 比較回路

23 選択回路

24 位相検出器

25 ループフィルタ

26, 32 加算器

27 数値制御発振器

28 余弦値発生ROM

29 正弦値発生ROM

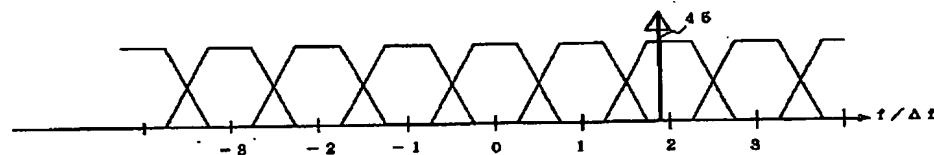
30 複素乗算器

31 ユニークワード検出回路

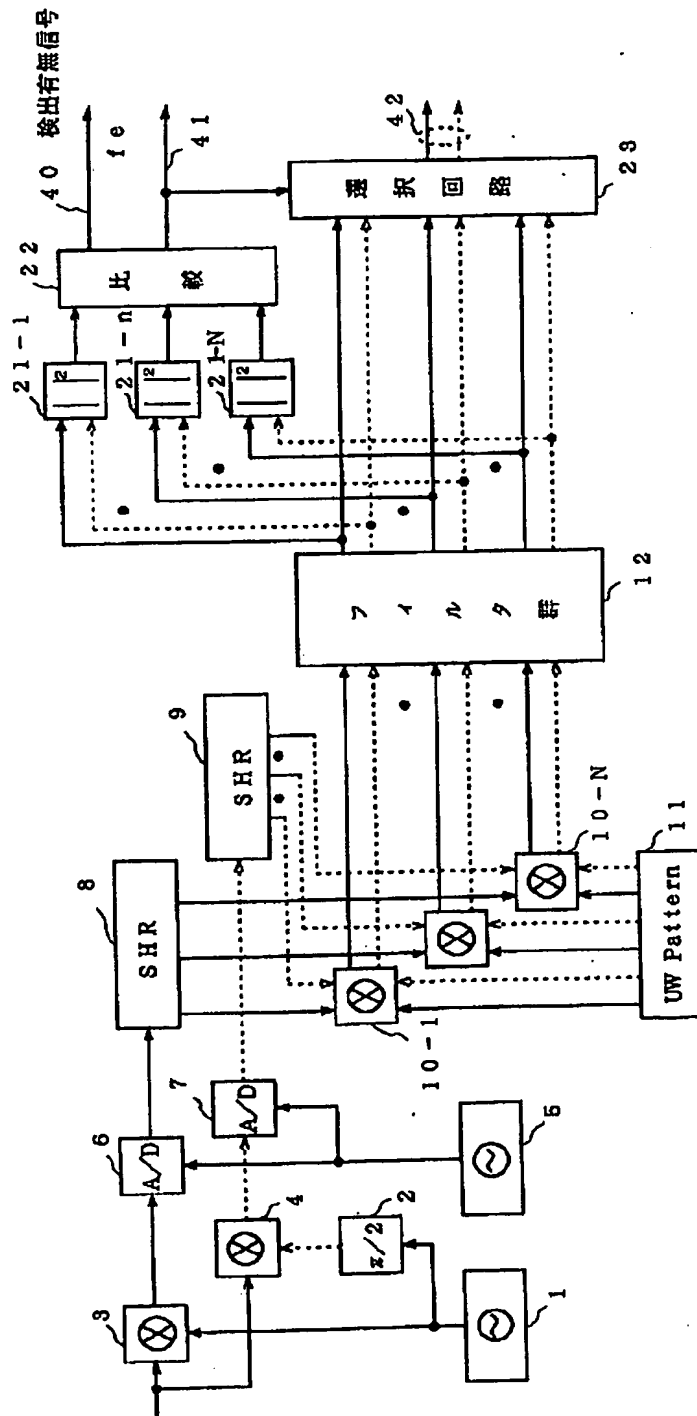
40 ユニークワード有無検出信号

41 キャリア周波数誤差信号

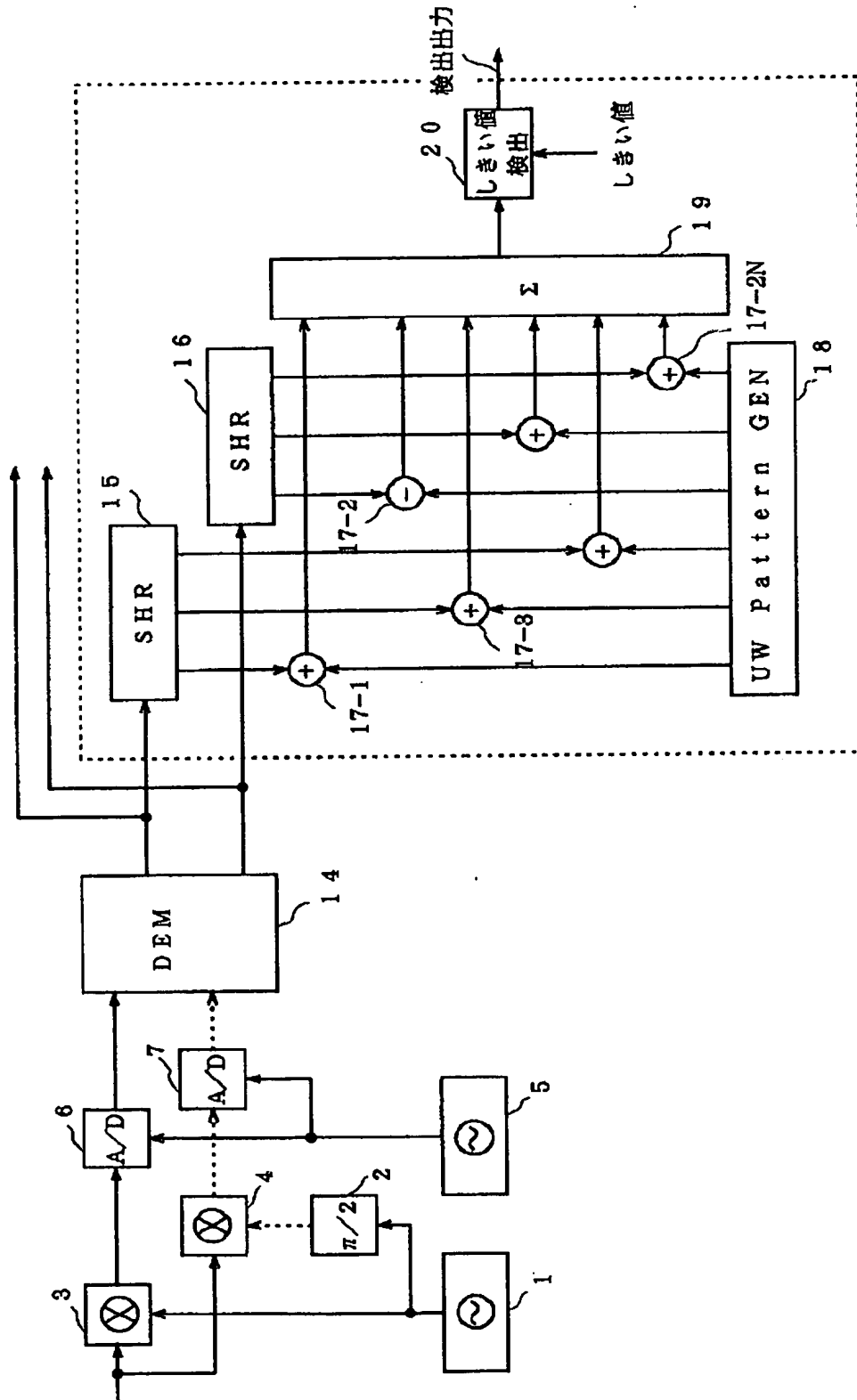
【図2】



【図1】



【図3】





【図4】

